



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

CAROLINE CRUZ DOS SANTOS

**REAPROVEITAMENTO DE CONCRETO FRESCO DE ESTACAS HÉLICE
CONTÍNUA PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS**

JOÃO PESSOA, PB

2019

CAROLINE CRUZ DOS SANTOS

**REAPROVEITAMENTO DE CONCRETO FRESCO DE ESTACAS HÉLICE
CONTÍNUA PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso que apresenta à Coordenação do Curso Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Civil.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

JOÃO PESSOA, PB
2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237r Santos, Caroline Cruz Dos.
REAPROVEITAMENTO DE CONCRETO FRESCO DE ESTACAS HÉLICE
CONTÍNUA PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS /
Caroline Cruz Dos Santos. - João Pessoa, 2019.
49f. : il.

Orientação: FÁBIO LOPES SOARES SOARES.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Hélice contínua. 2. Concreto. 3. Reaproveitamento de
concreto. 4. Sobra de concretagem. I. SOARES, FÁBIO
LOPES SOARES. II. Título.

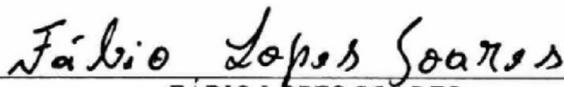
UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

CAROLINE CRUZ DOS SANTOS

REAPROVEITAMENTO DE CONCRETO FRESCO DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

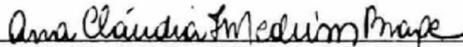
Trabalho de Conclusão de Curso em 09/05/2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:



FÁBIO LOPES SOARES

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

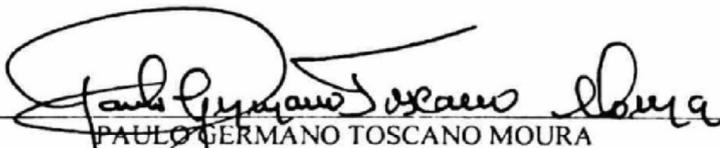
APROVADO



ANA CLAUDIA FERNANDES MEDEIROS BRAGA

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

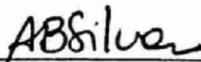
APROVADO



PAULO GERMANO TOSCANO MOURA

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof.ª Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pela sua infinita graça e por ter me sustentado durante todos os dias da minha vida, por ter me ajudado a suportar os dias mais difíceis, quando tudo parecia que não ia dar certo. Obrigada Deus!

Um obrigado em especial ao meu pai, Pedro, minha mãe, Célia, e minha vizinha, M^o de Lourdes, que são minha base e que me instruíram para seguir esse caminho, sempre acreditando em mim e me incentivando a ir em busca do melhor. Obrigada aos meus irmãos, Camila e Caio, por sempre estarem ali prontos para me distrair em meio as tensões pré e pós provas. Desculpem pelas vezes que descarreguei o estresse e ansiedade em vocês.

Obrigada aos meus mentores da vida profissional Paulo Henrique e Vinícius e a todos que fazem parte da Cosseno Construtora, por todo conhecimento e experiência compartilhada ao longo desses cinco anos.

Ao meu orientador professor Fábio por todo apoio dado ao longo do curso e pelo aconselhamento da carreira profissional e à Engeobase Engenharia de Fundações por me ajudar na elaboração deste trabalho.

À minha dupla de sempre, Rafaela, durante todo o curso compartilhamos momentos de pressão, ansiedade, compulsão alimentar, dietas, lazer e alegria, mas no fim sempre dava tudo certo!

À minhas amigas, Gabriela, Laís, Adriely, Myrlla e Vanessa que sempre estavam ali prontas para me apoiar e que me expiram a ser uma Mulher forte, empoderada, capaz de chegar onde eu quiser. Obrigada Lindonas!

Aos professores Ana Cláudia e Paulo Germano, que fizeram parte da minha graduação, pela disponibilidade e aceitação de participarem da banca deste TCC.

Mais uma vez, obrigada a todos, pois é impossível caminhar sozinho!

RESUMO

Em obras de fundação do tipo hélice contínua, é recorrente ocorrer a interrupção da concretagem devido a imprevisibilidade do solo ou quebra de algum dos equipamentos, como a máquina perfuratriz ou bomba de concreto, e se houver caminhões betoneira carregados na obra pode-se acarretar a perda do concreto contido nele. Sem destino, o concreto pode ser desperdiçado, o que resulta no aumento dos custos, descarte clandestino e, conseqüentemente, na contaminação do meio ambiente. Pesquisa-se então sobre o reaproveitamento de concreto fresco de estacas hélice contínua, a fim de elaborar soluções a serem empregadas para o concreto que seria descartado para utilização na própria obra através da fabricação de elementos pré-moldados. Para tanto, foi necessário quantificar essas perdas e estimar o custo acrescido causado pelo descarte, elaborar um projeto das peças pré-moldadas, desenvolver as fôrmas e concretar as peças pré-moldadas. Realizou-se, então, uma divisão em dois casos distintos: reaproveitamento de sobras de concreto de até 0,5m³ para fabricação de vergas, contra-vergas e pavers e para sobras com volumes maiores que 0,5m³ na criação de um bloco de concreto aplicável em soluções de obras geotécnicas. Diante disso, verifica-se que esse descarte gera um custo mínimo de R\$ 547,30 por metro cúbico de concreto, valor este que aumentará conforme a resistência do concreto utilizado se eleva. Foi possível a concretagem das peças, no entanto algumas melhorias devem ser aplicadas para facilitar a sua execução como a substituição do material das fôrmas, que foi utilizado madeira, por materiais metálicos o que acarretarão benefícios como facilidade na desforma dos elementos, e seu reaproveitamento inúmeras vezes. E a depender da obra, pode-se manipular as dimensões das fôrmas para atender as suas necessidades e tornar o reaproveitamento viável para a ela.

Palavras-chave: Hélice contínua; Concreto; Reaproveitamento de concreto; Sobra de concretagem.

ABSTRACT

In foundation works of the continuous propeller type, it is a recurrent event to interrupt the concreting process due to the unpredictability of the ground or breakage of some of the equipment, such as the drilling machine or concrete pump, and if there are concrete mixer trucks loaded in the work it can lead to loss of the concrete contained in it. Without destination, the concrete can be wasted, which results in increased costs, clandestine disposal and, consequently, the contamination of the environment. We then investigate the reuse of fresh concrete from continuous propeller piles in order to elaborate solutions to be used for the concrete that would be discarded for use in the work itself through the manufacture of precast elements. To do so, it was necessary to quantify these losses and estimate the increased cost caused by the disposal, to elaborate a design of the precast parts, to develop the forms and to apply concrete in the precast parts. A division was made in two distinct cases: The first case was the reuse of concrete leftovers up to 0.5m^3 for the production of yards, counter-yards and pavers, in the second case it was used leftovers with volumes larger than 0.5m^3 in the creation of a concrete block applicable in solutions of geotechnical works. Given this, it is verified that this discarding generates a minimum cost of R\$ 547.30 per cubic meter of concrete, which value will increase as the strength of the concrete used rises. The pieces were possible to be concreted, however some improvements should be applied to facilitate their execution as the replacement on the material of the forms from wood to metallic materials which will bring benefits such as facilitating the unmount of the elements, and its reuse several times. And depending on the work, you can manipulate the dimensions of the shapes to meet your needs and make the reutilization feasible for the same.

Keywords: Continuous propeller; Concrete; Concrete reuse; Concrete Leftover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Descarte inadequado de concreto.....	12
Figura 2: Esquema conjunto da máquina perfuratriz.....	15
Figura 3: Máquinas acessórias para execução da hélice contínua.....	15
Figura 4: Sequência executiva das estacas hélice contínuas	16
Figura 5: Localização dos sensores no equipamento.....	18
Figura 6: SACI 3	19
Figura 7: Fluxograma possíveis causas de patologias em fundações.....	21
Figura 8: Ocorrência de número insuficiente de investigações.....	22
Figura 9: Superposição de tensões	23
Figura 10: Estaca com descontinuidade do fuste do elemento.....	24
Figura 11: Concreto segregado nas bordas do ensaio de abatimento	25
Figura 12: Exsudação no topo da estaca.....	26
Figura 13: Concreto de baixa resistência no topo da estaca	26
Figura 14: Afundamento central no topo da estaca	27
Figura 15: Verga e contra verga	32
Figura 16: Pavers	32
Figura 17: Pavimento Intertravado.....	33
Figura 18: Bloco de concreto.....	34
Figura 19: Aplicação do bloco de concreto	34
Figura 20: Fôrma confeccionada para pavers.....	36
Figura 21: Fôrma confeccionada para vergas e contra vergas.....	37
Figura 22: Fôrma bloco de concreto.....	37
Figura 23: Fôrma bloco de concreto.....	38
Figura 24: Pavers concretados.....	38
Figura 25: Vergas e contra vergas concretadas	39
Figura 26: Bloco concretado.....	40
Figura 27: Bloco após desforma.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resistências mínimas do concreto para pavers.....	33
Tabela 2: Prejuízo por m ³ de concreto descartado.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	14
2.1.1	Equipamento	14
2.1.2	Método executivo	16
2.1.3	Monitoramento	18
2.2	PATOLOGIAS EM ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA	20
2.2.1	Investigação do Subsolo	22
2.2.2	Análise e projeto	23
2.2.3	Execução	24
2.2.4	Eventos pós-conclusão	27
2.3	ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	QUESTIONÁRIO	30
3.1.1	Elaboração do formulário	31
3.1.2	Coleta de dados	31
3.2	PROJETO INICIAL	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO	35
4.2	FABRICAÇÃO DAS FÔRMAS	36
4.3	CONCRETAGEM DAS PEÇAS	38

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A	45
APÊNDICE B.....	46

1 INTRODUÇÃO

Para execução de fundações, existem diversos métodos disponíveis atualmente que podem ser adotados como solução a depender da especificidade de cada obra. Levando em consideração os custos, a disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra especializada, emissão de vibração para as edificações circunvizinhas, tipo de solo superficial e profundo e método executivo.

Segundo Alonso (1998) Apud Silva (2011) as fundações, como qualquer outra parte de uma estrutura, devem ser projetadas e executadas de forma a garantir, sob a ação das cargas em serviço, as condições mínimas de segurança, funcionalidade e durabilidade. Uma estrutura é considerada segura quando puder suportar as ações que vierem a solicitá-la durante a sua vida útil sem ser impedida, quer temporária, quer permanentemente, de desempenhar suas funções.

As fundações podem ser rasas ou profundas, como exemplo de estacas profundas temos a estaca hélice contínua, onde a NBR 6122 (ABNT, 2010) a define como tipo de fundação constituída por concreto, moldada in loco e executada por meio da introdução, por rotação, de um trado contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado simultaneamente com a sua retirada, e a armadura é introduzida após a concretagem da estaca.

Introduzidas no Brasil em torno de 1987, inicialmente com uma resistência do meio técnico para aceitação, enquanto desde a década de 50 eram executadas nos Estados Unidos e posteriormente na década de 70 espalhou-se pela Europa, as estacas hélice contínua aos poucos passaram a despertar curiosidade e interesse devido a facilidade e vantagens do seu processo construtivo.

Hoje, a estaca hélice contínua é amplamente utilizada em todo país, devido as vantagens oferecidas por não causar vibrações e ruídos, capacidade de atravessar camadas intermediárias resistentes, suportam elevadas cargas verticais e horizontais, controle e monitoramento eletrônico da execução além de uma elevada produtividade e, atualmente, possui diversos tipos de equipamentos disponíveis no mercado para execução.

Serão abordados neste trabalho: a definição deste tipo de estaca, equipamentos necessários para a sua execução, aplicações, métodos de execução, vantagens, desvantagens, e patologias referentes ao tipo de estaca de hélice contínua para maior qualidade deste tipo de fundação.

1.1 JUSTIFICATIVA

É recorrente ver em obras de fundação do tipo hélice contínua, o equipamento destinado a execução das estacas ou a bomba de concreto apresentar algum problema, como por exemplo o estouro de alguma das mangueiras bombeadoras do concreto, durante a realização do serviço e o andamento das atividades serem interrompidas e só poderem ser retomada após solucionado o problema.

Pode-se ainda haver casos de interrupção da concretagem devido à imprevisibilidade do solo, como por exemplo, durante a perfuração, o trado, pode se deparar com material rochoso o que pode acarretar danos ao equipamento ou necessitar de maiores investigações do subsolo.

Entretanto, se houver caminhões betoneira carregados na obra pode-se acarretar a perda do concreto contido nele, pois o concreto possui um tempo de vencimento para seu transporte, lançamento e adensamento. A NBR 7212 (ABNT, 2012) limita esse tempo a 150 minutos contados a partir da primeira adição de água, tempo este fixado de forma que não ocorra adensamento após o início da pega do concreto.

Sem destino, o concreto pode ser desperdiçado, o que resulta no aumento de custos, descarte clandestino e, conseqüentemente, na contaminação do meio ambiente. A Figura 1 apresenta o descarte de concreto sendo realizado na própria obra, o qual posteriormente deverá ser quebrado para ser descartado em caçambas como resíduo de construção.



Figura 1: Descarte inadequado de concreto

Fonte: Autora

Dessa forma, vê-se a necessidade de encontrar uma destinação a esse concreto de modo a evitar desperdícios de material, prejuízos financeiros e impactos ambientais.

Este trabalho se restringe aos casos de hélice contínua devido aos inúmeros eventos que podem ocorrer relacionado a imprevisibilidade do solo conforme foi mencionado anteriormente, mas as soluções aqui encontradas podem ser aplicadas em qualquer caso de obra.

Foi pesquisado na literatura trabalhos que tratassem dessa problemática, mas não foram encontradas pesquisas referentes ao reaproveitamento do concreto ainda fresco, apenas sobre a reciclagem do entulho gerado pelo concreto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Elaborar soluções a serem empregadas para o concreto que ora seria descartado para utilização na própria obra através da fabricação de elementos pré-moldados.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar um questionário a fim de quantificar as sobras de concreto;
- Estimar o prejuízo causado pela perda do concreto;
- Elaborar um projeto das peças pré-moldadas;
- Desenvolver as fôrmas e concretar as peças pré-moldadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão abordados nesse capítulo as características, os equipamentos utilizados e os métodos executivos das estacas hélice contínua e as possíveis manifestações patológicas desse tipo de fundação, como também uma revisão geral sobre elementos pré-moldados de concretos, o qual será aplicada no nosso plano de contingência.

2.1 ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

Fundações profundas são aquelas que transferem as cargas provenientes da edificação pela base (resistência de ponta) e/ou pelo atrito lateral (resistência do fuste (corpo) do elemento). (NBR 6122, 2010). As fundações profundas são empregadas quando os solos superficiais não apresentam resistência suficiente para suportar as cargas submetidas.

Um tipo de fundação profunda é a estaca hélice contínua, a qual é amplamente utilizada em todo país, devido as vantagens oferecidas dentre as quais podemos citar:

- Não causam vibrações e ruídos;
- Capacidade de atravessar camadas intermediárias resistentes;
- Suportam elevadas cargas verticais e horizontais;
- Controle e monitoramento eletrônico da execução;
- Pode ser executada em locais com presença de nível d'água;
- Elevada produtividade.

E como desvantagens:

- Dificuldade na colocação da armadura a grandes profundidades;
- Limitação do comprimento dada pelo alcance do equipamento;
- Alto custo com mobilização do equipamento;
- Solo superficial deve ter um mínimo de resistência para suportar o peso do equipamento.

2.1.1 Equipamento

O equipamento chamado de máquina perfuratriz é constituído pelo conjunto de um guindaste com a torre guia e seus acessórios, o trado de hélice contínua, mangueiras que acoplam a bomba de injeção de concreto, o sistema digital de monitoramento, sensores e a ferramenta centralizadora e de limpeza do trado. Todo esse conjunto pode ser observado na Figura 2 abaixo.

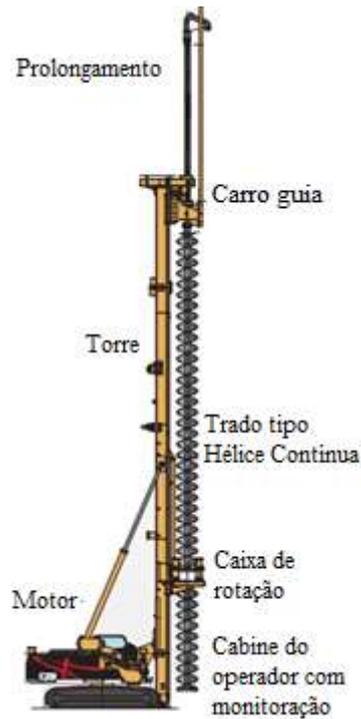


Figura 2: Esquema conjunto da máquina perfuratriz
Fonte: Adaptado do manual da CZM.

Na Figura 3 podemos observar que além da máquina perfuratriz (A), para execução das estacas hélice contínua é necessária uma máquina retroescavadeira ou pá carregadeira (B) para retirada do material escavado e de uma bomba de concreto (C) para bombear o concreto do caminhão betoneira (D) até a haste central do trado.

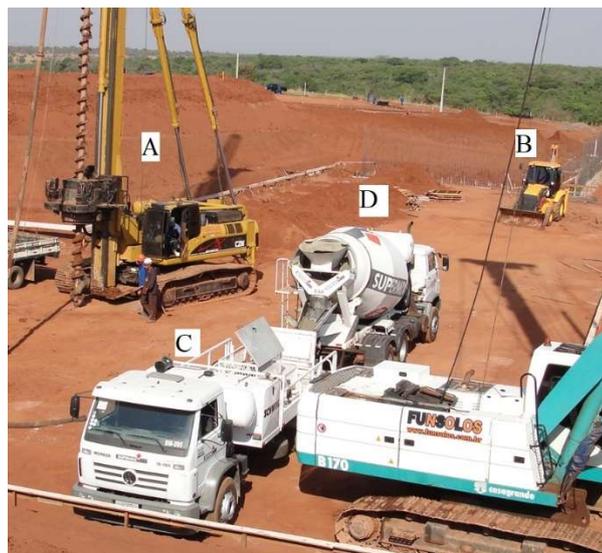


Figura 3: Máquinas acessórias para execução da hélice contínua
Fonte: Adaptado de Funsolos

Ghaly & Hanna (1991) apud Silva (2011) verificaram que o desempenho das estacas helicoidais, durante o processo de instalação, é influenciado por diversos fatores que devem ser

considerados, entre os quais, podem ser citados: o passo da hélice, o diâmetro da hélice, o ângulo da hélice, o diâmetro da haste interna, a espessura da chapa da hélice, a rugosidade da hélice, a forma da superfície de corte da hélice e a forma da ponta da hélice. Sendo assim a forma de execução de uma fundação ditará, na maioria das vezes, o comportamento da fundação num sistema estaca-solo. O método de instalação, portanto, tem profundos efeitos sob o comportamento das mesmas.

2.1.2 Método executivo

A metodologia executiva obedece ao seguinte roteiro, segundo Penna (1999):

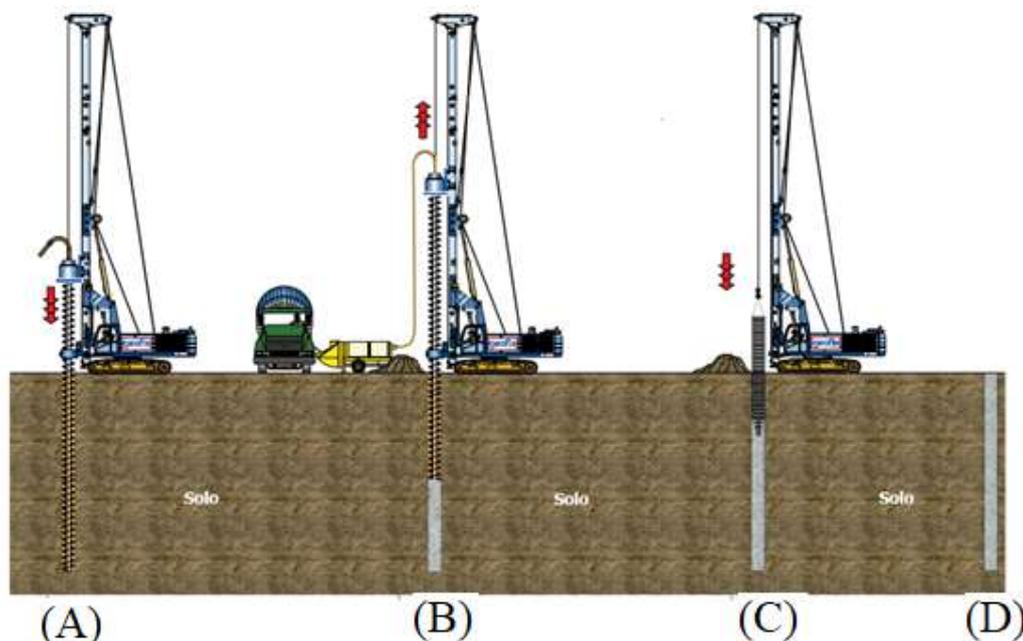


Figura 4: Sequência executiva das estacas hélice contínuas
Fonte: Adaptado de Geofix fundações.

2.1.2.1 Introdução da Hélice

Consiste na introdução da hélice no terreno até a profundidade definida em projeto, do trado contínuo por rotação, imposta pela mesa giratória do equipamento (Figura 4 - A). O sistema de monitoramento registra instantaneamente a profundidade de penetração, a velocidade de avanço e a rotação do trado.

Deve-se tomar cuidado para que a velocidade de penetração do trado seja igual ou bem próxima ao produto da velocidade de rotação do trado pelo seu passo para minimizar o eventual desconfinamento provocado pela remoção (transporte) excessiva do solo durante a sua penetração, o qual gera uma perda da capacidade de carga.

2.1.2.2 Concretagem

Atingida a profundidade prevista em projeto, inicia-se a fase de concretagem da estaca através do bombeamento de concreto pelo interior da haste central do trado. Levanta-se o trado 30cm, para permitir a expulsão da tampa provisória, a qual encontra-se presa por uma corrente ao trado para não ser perdida, e prossegue-se a retirada do trado de forma lenta e contínua garantindo que até o final da concretagem, haja sempre um sobre consumo de concreto e que a pressão sobre o mesmo seja positiva ou no mínimo zero para garantir a integridade do fuste da estaca (Figura 4 - B).

Silva (2011) afirma que fatores como alívio de tensões durante a escavação, diâmetro do tubo de concretagem, plasticidade do concreto, diâmetros dos agregados do concreto, pressão de injeção do concreto, velocidade de extração da hélice, ascensão do concreto pelo helicóide, ruptura lateral do fuste por excesso de pressão durante a concretagem podem afetar a qualidade e o desempenho da estaca.

A medida que o trado vai sendo retirado, o trabalhador com ajuda de uma pá ou enxada vai retirando o solo confinado entre as hélices, o qual deverá ser transportado para fora da área de estaqueamento pela retroescavadeira ou pá carregadeira.

O concreto utilizado encontra-se definido em norma com as seguintes características: resistência característica f_{ck} mínimo de 20 MPa, ser bombeável e composto de cimento, areia e pedrisco com consumo mínimo de cimento de 400 kg/m³, fator água/cimento $\leq 0,6$ sendo facultativa a utilização de aditivos. Para facilitar a entrada da armadura posteriormente o concreto deve possuir slump mínimo de 22 ± 3 cm. (NBR 6122, 2010).

2.1.2.3 Colocação da armadura

A armadura só é inserida na estaca após a concretagem da estaca, a qual será colocada manualmente ou com ajuda da retroescavadeira ou pá carregadeira que se apoiará sobre a armadura e será empurrada (Figura 4 - C).

Recomenda-se que o concreto esteja com o slump correto (22 ± 3 cm) e que o tempo decorrido entre o término da concretagem e a colocação da armadura seja o menor possível.

Deve-se ter um cuidado especial para garantir o cobrimento da armadura ao longo do fuste da estaca, deve-se prever o uso de espaçadores plásticos ao longo da armadura.

A armadura longitudinal deve ser projetada de modo a ter um peso e uma rigidez compatíveis com seu comprimento. Ao confeccionar a armação deve-se deixar o trecho final

de 1,00m com a seção tronco-cônica para facilitar a entrada no concreto. Por fim, temos a estaca pronta (Figura 4 – D).

2.1.3 Monitoramento

Segundo Silva (2011) outro fator que impulsionou a utilização das estacas hélices foi a possibilidade do monitoramento eletrônico das estacas durante a sua execução, aumentando o controle durante a execução da estaca.

As máquinas perfuratrizes contam com um instrumento de aquisição de dados constituído por um computador e vários sensores instalados na máquina através de cabos elétricos (Figura 5), através deles é possível adquirir dados durante a execução das estacas. Se usada e interpretada de maneira correta é de grande utilidade para trazer confiabilidade à qualidade da estaca.



Figura 5: Localização dos sensores no equipamento

Fonte: Adaptado de Geofix fundações.

No mercado temos dois modelos predominantes o S.I.M.E.h.C. (Figura 5) da empresa Compugeo e o SACI 3 (Figura 6) da empresa Geodigitus. Todos os dados armazenados são transmitidos de forma automática para um servidor onde são recuperados por um programa para impressão e resultados gráficos.



Figura 6: SSCI 3
Fonte: Geodigitus

2.1.3.1 Profundidade

A informação do sensor possibilita o registro no computador da posição da ponta do trado em relação ao nível do terreno no tempo. A partir destes dados o computador registra o comprimento da estaca e calcula as velocidades de avanço e de subida.

2.1.3.2 Pressão do concreto

Considerado como um dos sensores mais importantes da monitoração, este sensor mede de forma indireta a pressão do concreto, através da medida da pressão de um líquido (água ou óleo) que está em contato com um tubo de borracha comprimido pelo concreto na sua passagem. Além de medir a pressão do concreto, este sensor capta o número de picos de pressão e informa ao sistema de monitoração para determinação do volume de concreto.

2.1.3.3 Medida de Volume do concreto

A bomba de concreto é provida de dois cilindros hidráulicos mecanicamente ligados a cilindros que bombeiam o concreto que trabalham de forma alternativa, nesse processo diversos picos de pressão são observados a cada golpe da bomba.

O sistema de monitoramento registra o maior pico de pressão de cada ciclo, uma vez contados o número de ciclos e informado ao sistema de monitoramento o volume bombeado de cada ciclo, obtém-se a vazão e o volume de concreto.

Esta medida juntamente com a medida da pressão do concreto é que vai permitir avaliar a continuidade e integridade do fuste da estaca.

2.1.3.4 Torque

É medido através de um transdutor de pressão instalado na tubulação de óleo da mesa de rotação. Deve-se ter cuidado quando o trado penetra solos muito resistentes, pois o torque aplicado pela perfuratriz pode danificá-lo.

Silva (2011) afirma que equipamentos de baixa capacidade ou torque nominal baixo, pode ocasionar o desconfinamento do fuste da estaca, pois a estaca será perfurada a uma baixa velocidade e alta rotação de avanço, levando para a superfície, um volume de solo maior que o volume do trado e do empolamento do solo escavado.

2.1.3.5 Velocidade de rotação

Localizado na cabeça de perfuração, em contato com um anel com pinos, este sensor conta o número de vezes que os pinos passam por ele devido ao giro do trado. É recomendável que a perfuratriz opere em baixa velocidade de rotação pois, se a rotação for alta, a velocidade de penetração do trado será elevada, provocando torques maiores.

2.1.3.6 Inclinação da torre

Este sensor fornece a inclinação em relação a vertical a partir de um sistema de eixos cartesianos, o que permite controlar a verticalidade e inclinação da estaca.

Entretanto, Almeida Neto (2002) apud Silva (2011) alertou, que apesar de o monitoramento das estacas hélices fornecer o valor do sobreconsumo de concreto e a variação da seção ao longo da profundidade, a precisão e a confiabilidade desses pode ser discutida. Imprecisões e erros nos dados fornecidos pela monitoração podem ocorrer, por diversos motivos, destacando-se o sistema de monitoração não calibrado, os danos nos sensores, bomba de concreto não calibrada, entre outros.

Constata-se que o monitoramento das estacas hélice sincroniza e reproduz os aspectos construtivos, ora positivos, ora negativos da execução. A correta interpretação desses dados contribui para a uniformização de todo estaqueamento (SILVA, 2011).

2.2 PATOLOGIAS EM ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

Segundo Moreira e Ripper (1998), designa-se genericamente patologia das estruturas esse novo campo da engenharia das construções como sendo o campo que se ocupa com o estudo

das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrências de falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

O comportamento de uma estrutura pode ser afetado inúmeros fatores, desde a concepção de projeto, passando pela fase executiva chegando até nos acontecimentos pós-implantação como alterações de uso e carregamentos, movimentos de massa por escavações e efeitos de choques e vibrações, bem como uma possível degradação dos materiais. (MILITITSKY, 2015). Na Figura 7 podemos ver as relações entre as principais causas de patologias em fundações.

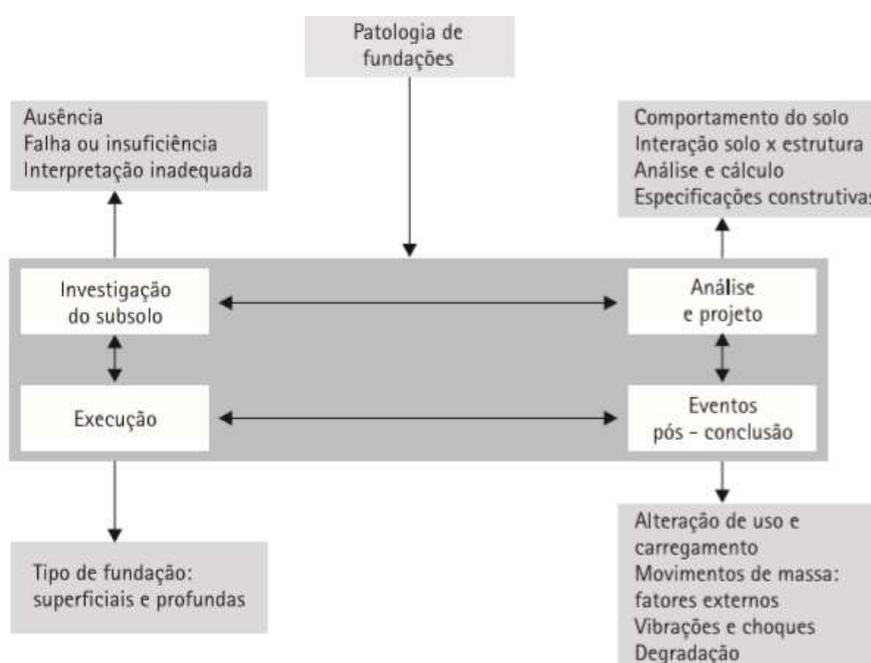


Figura 7: Fluxograma possíveis causas de patologias em fundações.

Fonte: MILITITSKY, 2015

Em estudos realizados de obras que apresentaram patologias de fundações no estado do Rio Grande do Sul quantificou-se a seguinte distribuição para as origens e causas das patologias:

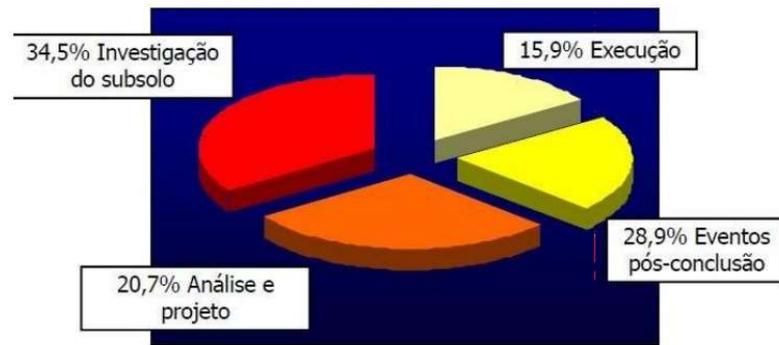


Gráfico 1: Causas anomalias nas fundações

Fonte: SILVA, 1993 apud CARVALHO, 2014.

A seguir serão citadas algumas das patologias decorrentes de cada uma dessas causas.

2.2.1 Investigação do Subsolo

Podemos observar que a investigação do subsolo é a causa mais frequente de problemas de fundações, o qual deveria ser primordialmente identificado e caracterizado para que se possa garantir que o mesmo irá suportar as cargas solicitadas.

Tal problemática pode surgir de diversos fatores como a inexistência da investigação, desde ensaios mais simples como SPT, recomendado pelas normas, até os mais complexos de campo como cone, piezocone, palheta ou de laboratório como de adensamento, triaxial, cisalhamento direto, etc. Pode também ocorrer devido uma investigação insuficiente ou com falhas, como por exemplo um número insuficiente de sondagens para áreas extensas ou subsolo variado ou profundidade insuficiente da investigação como mostra a Figura 8. E até mesmo desencadeado por uma interpretação inadequada dos dados obtidos pela investigação.

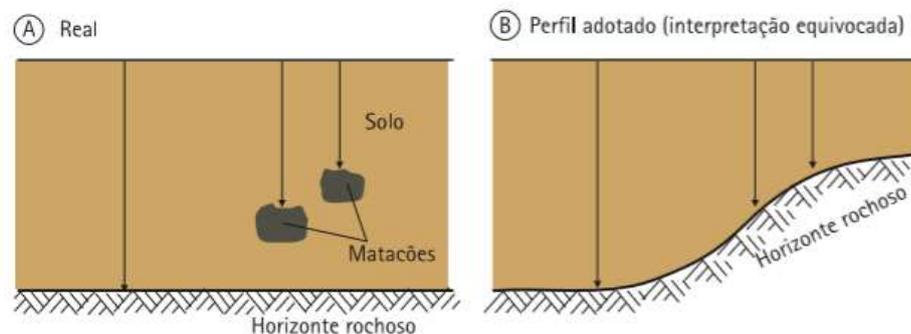


Figura 8: Ocorrência de número insuficiente de investigações

Fonte: MILITITSKY, 2015

Portanto, deve-se criar a cultura de que a investigação do subsolo não é custo e sim investimento que resulta em menores custos globais das obras, com maior segurança nas

soluções minimizando incertezas e patologias decorrentes de problemas construtivos (MILITITSKY, 2015).

2.2.2 Análise e projeto

As informações coletadas através da investigação do subsolo são interpretadas pelo conhecimento do projetista estabelecendo o comportamento do solo sob a solicitação ou transferência de esforços. Encontra-se dificuldades porque os solos apresentam grande variabilidade de propriedades e de ocorrências, é possível que seja adotado um perfil de projeto otimista, superestimando o real comportamento do solo, fazendo com que sejam adotadas fundações inadequadas para essa situação.

Pode vir acontecer problemas referentes a interação solo-estrutura, como por exemplo, a consideração de forma isolada da transferência de carga de uma fundação, que se houver sobreposição de esforços ocorrerá recalques maiores que o previsto como mostra a Figura 9. Tal caso pode ocorrer pela implantação posterior de edificação junto a estrutura já existente.

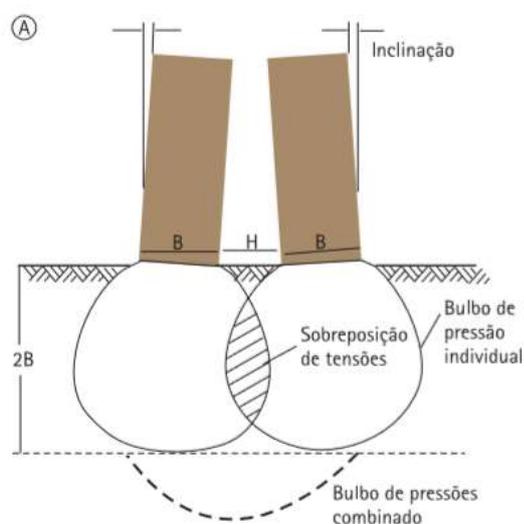


Figura 9: Superposição de tensões

Fonte: MILITITSKY, 2015

Outro cenário importante são aqueles que provém do desconhecimento do comportamento real das fundações, como na adoção de sistemas de fundações diferentes na mesma estrutura devido a variação de cargas, variação a profundidade das camadas resistentes do subsolo sem a preparação por junta de comportamento ou avaliação adequada de

compatibilidade de recalques das diferentes fundações, esse cenário acaba levando a ocorrência de recalques diferenciais e danos a estrutura.

2.2.3 Execução

O sucesso na concepção e construção de uma fundação depende não somente de uma caracterização conveniente das condições do subsolo, de cálculo e projeto adequados da solução a implantar, mas também de especificações precisas e detalhadas de materiais e procedimentos em conformidade com a boa prática, uso de processos construtivos apropriados executados com pessoal experiente e equipamento adequado, acompanhados de supervisão e controle construtivo rigoroso (MILITITSKY, 2015).

Uma estaca nem sempre é executada seguindo as definições contidas nos projetos, vai depender das intercorrências das condições de campo. Além da possibilidade de variação das características do subsolo identificadas na etapa de investigação e as condições de campo muitas vezes obrigam a mudanças substanciais no projeto inicial. Exigindo dessa forma uma comunicação eficiente entre o projetista e o executante, de forma a garantir que as reais condições construtivas sejam checadas, avaliadas, observadas e o projeto verificado para a condição real.

Dentre os problemas executivos podemos citar por Milititsky (2015):

- Erros de locação das estacas, as quais podem causar solicitações não previstas em vigas de equilíbrio e blocos de coroamento ou nas próprias estacas.
- Desvios de execução comum quando há a presença de matacões ou por erro mesmo.
- Erros de diâmetros ou lado da estaca, o que resultará numa estaca com resistência inferior ao projetado (Figura 10).



Figura 10: Estaca com descontinuidade do fuste do elemento

Fonte: MILITITSKY, 2015

- Substituição da estaca projetada por elementos equivalente, exemplo: execução de uma estaca com diâmetro maior para substituir uma mais curta por ocorrência de alguma obstrução.
- Inclinação final executada diferente da projetada, por dificuldade construtiva ou erro.
- Falta de limpeza adequada da cabeça da estaca para vinculação ao bloco, gerando deformações durante o carregamento.
- Cota de arrasamento diferente do essencial resultando em necessidade de emenda ou perda da espera do pilar.
- Posicionamento indevido de armadura ou falta de efetiva vinculação nos casos de estacas tracionadas, não transmitindo a solicitação a elas.
- Características do concreto inadequado, a qual daremos ênfase pois entra na problemática deste trabalho:
 - Segregação do concreto: ocorre a separação da argamassa em relação aos outros agregados constituintes do concreto (Figura 11);



Figura 11: Concreto segregado nas bordas do ensaio de abatimento

Fonte: PENNA et al, 1994. Apud HEISS, 2008.

- Exsudação do concreto: ocorre a separação da água do traço das partículas finas do concreto, pode ser observada por um “borbulhamento” de água com carregamento de finos no topo da estaca recém executada, formando uma lâmina de água (Figura 12).



Figura 12: Exsudação no topo da estaca

Fonte: PENNA et al, 1994. Apud HEISS, 2008.

- Efeito parede: outro fenômeno da segregação do concreto que ocorre na superfície lateral das paredes da estaca, devido à elevada taxa de armadura o agregado graúdo é peneirado pela armadura, fazendo com que a parede da estaca fique uma presença maior de argamassa, que possui menor resistência e maior porosidade (Figura 13).



Figura 13: Concreto de baixa resistência no topo da estaca

Fonte: PENNA et al, 1994. Apud HEISS, 2008.

- Afundamento central no topo da estaca: efeito da armação no aprisionamento do concreto (Figura 14).



Figura 14: Afundamento central no topo da estaca

Fonte: PENNA et al, 1994. Apud HEISS, 2008.

Tais manifestações patológicas são provocadas pelo erro do traço do concreto, na falta da homogeneidade e qualidade dos agregados, inadequado fator a/c , descontrole de adição de água no recebimento do concreto para ajuste da trabalhabilidade “slump-test”.

Podemos concluir que quando há uma falha ou problema no equipamento responsável pela execução da estaca não é recomendável utilizar o concreto que estava em uso e que aguardou a correção do problema, pois o mesmo vai perdendo suas características de concreto fresco e adquirindo as características do concreto endurecido o que pode desencadear manifestações patológicas no futuro no elemento de fundação.

2.2.4 Eventos pós-conclusão

Podem ocorrer ainda casos em que a fundação ao final da construção apresentou desempenho satisfatório, entretanto devido a ocorrência de alguns eventos que alteram o desempenho das mesmas.

São exemplos de eventos pós-conclusão quando se projeta um determinado prédio de uma escola e locais previstos para serem sala de aula são transformadas em biblioteca ou um supermercado onde era previsto uma laje de piso e a transformam num depósito, ampliações ou reformas como a criação de mezaninos, todos esses casos acarretam numa sobrecarga não prevista sobrecarregando as fundações, tais alterações podem desencadear danos na estrutura e gerar recalques expressivos.

Outros exemplos são relacionados a movimentação de massa de solo decorrente de fatores externos como a execução de grandes escavações próximo à construção em razão da

perda de material, variação no estado inicial de tensões ou rebaixamento do lençol freático que podem causar deslocamentos às estruturas existentes na região, como translações, rotações, distorções e recalques que podem levar a um funcionamento inesperado da edificação e de alguns equipamentos como elevadores.

Como também rompimento de canalizações enterradas que provocam o transporte do solo, originando vazios que vão escavar as fundações existentes. Todos esses são eventos pós-conclusão que podem impedir o bom funcionamento das fundações.

2.3 ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

Define-se elemento pré-moldado como “Elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade.” (NBR 9062, 1985, p.02) diferenciando -se de elementos pré-fabricados que são “Elementos pré-moldados, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.” (NBR 9062, 1985, p.02).

Os elementos de Concreto Pré-Moldado (CPM) trazem benefícios importantes para a construção, tais como: diminuição do tempo de construção, melhor controle dos componentes pré-moldados e redução do desperdício de materiais na construção. Além de acarretar a valorização da mão-de-obra e maior oferta de equipamentos (El DEBS, 2017). Podemos citar também como vantagens do CPM a redução de cimbramento, facilidades de execução de formas, armação e moldagem no solo.

As desvantagens provêm da colocação dos elementos nos locais definitivos que estão relacionadas aos custos e às limitações dos gabaritos do transporte e da montagem dos elementos que dependem da disponibilidade e as condições de acesso de equipamentos para sua realização (El Debs, 2017).

Segundo Vasconcelos (2002) Apud Oliveira (2015), não é possível se saber com precisão, quando se começou a usar a fabricação pré-moldada do concreto, já que na origem do concreto armado, ele já era moldado fora do local de sua aplicação final. Dessa maneira, pode-se dizer que a pré-moldagem surgiu junto com o surgimento do concreto armado.

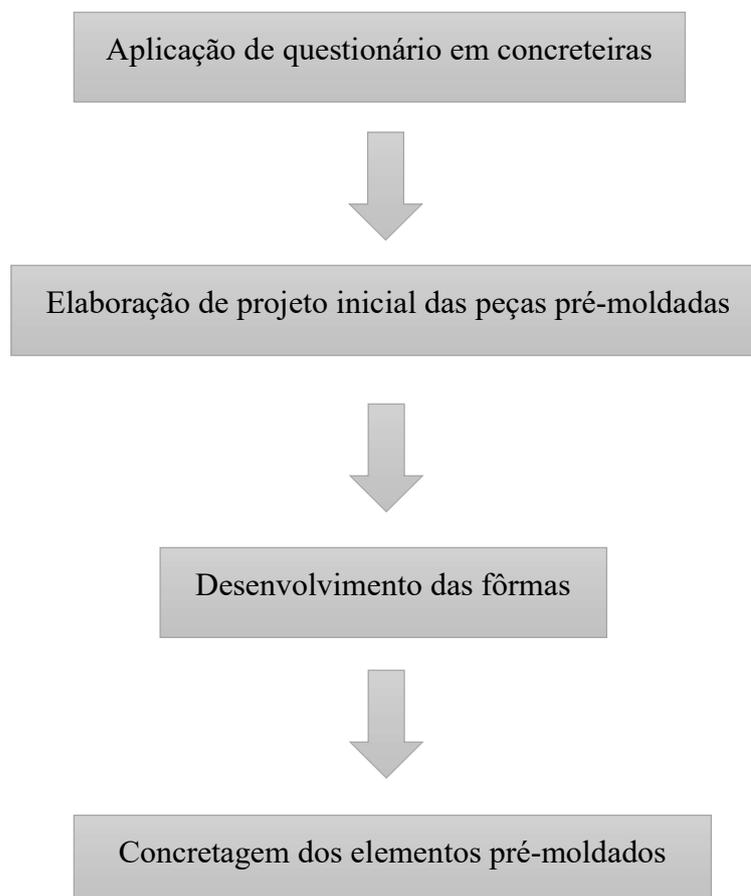
Quanto à execução dos elementos de CPM resume-se a três etapas: atividades preliminares, execução propriamente dita e atividades posteriores. As atividades complementares consistem na preparação dos materiais – armazenamento, dosagem e mistura do concreto, preparo e montagem da armadura quando for necessário – e pelo transporte dos materiais ao local de moldagem. A execução propriamente dita consiste na preparação da forma

e da armadura, na moldagem do concreto e sua cura e, por fim, a desmoldagem. As atividades posteriores consiste no transporte interno da área da desmoldagem até a área de armazenamento, nos acabamentos, quando houver, como inspeções e remendos e armazenamento até o envio para obra.

Segundo El Debs (2017), observa-se que os países que mais utilizam CPM são países de clima frio, nos quais em grande parte do ano existiriam dificuldades na execução de concreto moldado in loco. No Brasil assume-se que o emprego de CPM cresça progressivamente ao seu desenvolvimento tecnológico e social, visto que as exigências da sociedade à qualidade dos produtos fiquem mais rigorosas, além de que os elementos de CPM atendem aos aspectos de sustentabilidade, com a minimização de desperdícios de material, a redução do consumo de materiais e a possibilidade de reutilização de partes da construção.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho seguiu a seguinte sequência:



3.1 QUESTIONÁRIO

Visando atingir o objetivo de quantificar as perdas de concreto foi realizada uma pesquisa de mercado através da formulação e aplicação de um questionário em algumas empresas fornecedoras de concreto usinado na cidade de João Pessoa/PB. Esse processo de estudo foi dividido em:

- Elaboração do formulário;
- Coleta de dados;
- Análise dos resultados (item 4.1).

3.1.1 Elaboração do formulário

O questionário foi elaborado com perguntas que estimulassem respostas que pudessem colaborar com as informações que quantificassem as sobras/perdas de concreto que de fato ocorrem nas obras e a frequência que tal fato ocorre, além de coletar informações sobre a destinação desse material. Desta forma, seguem os principais pontos que foram abordados:

- a) Volume médio diário produzido: esse dado é importante pois nos permite mensurar o porte da empresa;
- b) Frequência de retorno de concreto para a central: através dele podemos estimar a periodicidade do evento em estudo;
- c) Volume médio de concreto retornado para a central: valor base para definição das dimensões dos elementos do nosso plano de contingência;
- d) Realização de manutenção preventiva nas bombas de concreto: o qual pode ser um dos motivos para interrupção da concretagem e posterior perda do concreto;
- e) Destinação empregada para as sobras de concreto: para sabermos se as empresas já possuem uma solução adequada.

Além disso o questionário foi elaborado de modo a facilitar o entendimento das perguntas pelo entrevistado, colocando algumas das perguntas com opções para diminuir o tempo das respostas. O questionário encontra-se disponível no APÊNDICE A.

3.1.2 Coleta de dados

A fim de se obter uma maior quantidade de informações, foi realizado uma busca rápida via internet das concreteiras existentes em João Pessoa/PB, resultando num total de seis empresas atuantes no mercado. Dessa forma, conseguimos entrar em contato com cinco dessas empresas, onde o questionário foi enviado aos entrevistados por meio eletrônico.

Tivemos uma grande dificuldade em obter as respostas dos entrevistados, chegamos a insistir por um retorno, mas apenas duas empresas enviaram a resposta. Os resultados do questionário serão discutidos no item 4.1.

3.2 PROJETO INICIAL

O plano de contingência foi dividido em duas partes: a primeira para a sobra de concreto que é recorrente a toda obra, a qual é constituída pelo material remanescente dentro das tubulações após conclusão da concretagem, quando o ciclo da bomba é invertido e todo esse

concreto é retornado ainda em condições trabalháveis. Compreende um volume médio de até 0,5m³.

Para estas ocasiões é comum vermos na maioria das obras, eles utilizarem esse concreto na fabricação de vergas e contra vergas que são elementos estruturais localizados sobre e sob os vãos da alvenaria, respectivamente (Figura 15) (YAZIGI, 2009).

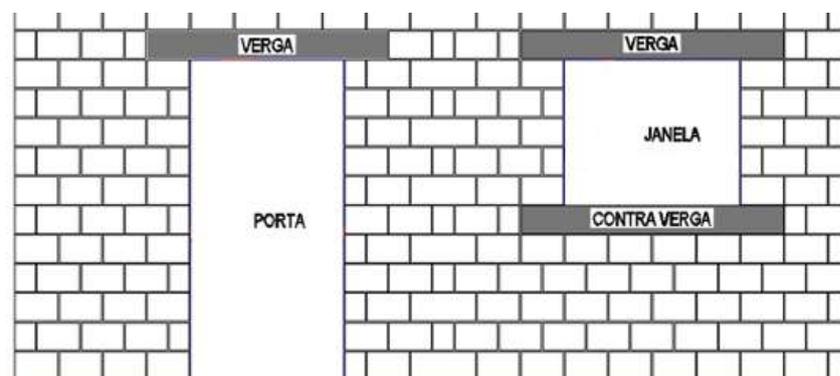


Figura 15: Verga e contra verga
Fonte: Cerâmica city

Além desses elementos podemos empregar essas sobras na fabricação de elementos para pavimentação de calçadas, estacionamentos como meio-fio e pavers (Figura 16) que são blocos maciços de concreto simples constituintes dos pavimentos intertravados.



Figura 16: Pavers
Fonte: Piso Pav

Pavimento intertravado é aquele composto por uma camada de base (de areia ou pó de pedra), seguida pela camada de revestimento (os pavers que são assentados justapostos) e as juntas entre as peças são preenchidas por um material de rejuntamento (areia) onde o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção (comumente realizada pelo meio-fio), como podemos ver na Figura 17 (NBR 9781, 2013).



Figura 17: Pavimento Intertravado.

Fonte: Manual de Pavimento Intertravado.

Para confecção dos pavers haverá apenas uma limitação imposta na norma NBR 9871: Peças de concreto para pavimentação- Especificação e métodos de ensaio (ABNT, 2013), a qual refere-se à resistência a compressão do concreto, conforme podemos ver na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Resistências mínimas do concreto para pavers

Solicitação	Resistência característica à compressão (f_{ck}) aos 28 dias MPa
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

Fonte: NBR 9871, 2013.

Portanto nas obras onde o concreto utilizado para execução das estacas hélice contínua possua f_{ck} mínimo de 35MPa podemos adotar essa solução.

A segunda parte do plano de contingência compreende aos volumes maiores que $0,50m^3$ até $2,00m^3$. Para essa quantidade de concreto foram desenvolvidos blocos prismáticos possíveis de serem aplicáveis na construção civil em muro de contenção, contenção de encostas marítimas, montagem de galpões, entre outras utilidades. Este bloco foi desenvolvido em parceria com a empresa ENGEObase Engenharia de Fundações. Podemos ver na Figura 18 um protótipo do bloco a ser confeccionado.

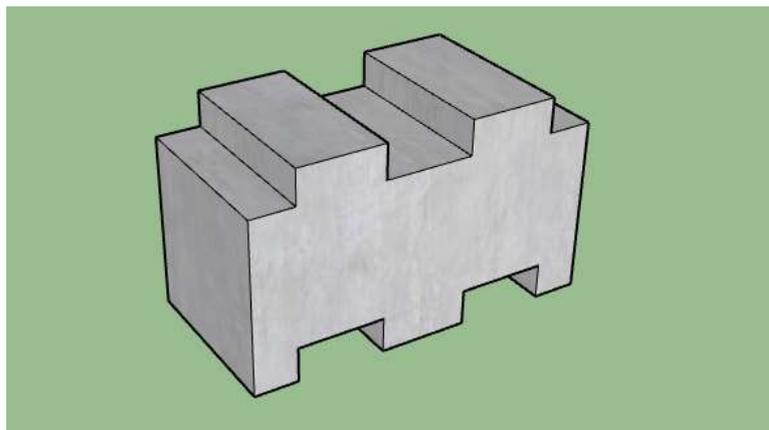


Figura 18: Bloco de concreto

Fonte: Autora

O bloco foi projetado com encaixes do tipo macho e fêmea para permitir uma fixação perfeita ao ser sobreposto um ao outro, evitando que se desloquem. Cada bloco possui um volume de $0,25\text{m}^3$ resultando num peso de 600kg que produz uma estrutura segura e estável. Além disso o bloco dispensa o uso de argamassa para acabamento e junção dos blocos o que permite uma rápida execução e a percolação da água entre as juntas o que ajuda na diminuição do empuxo causado pela água. Na Figura 19, podemos ver um esquema da aplicação desse bloco na execução de um muro de arrimo.

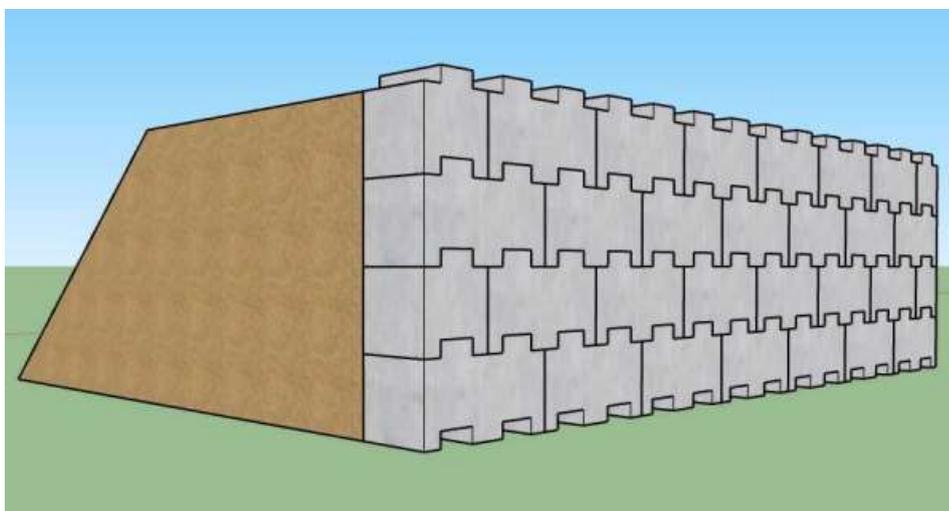


Figura 19: Aplicação do bloco de concreto

Fonte: Autora

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão divididos em três tópicos, o primeiro mostra os resultados do questionário, o segundo as fôrmas que foram confeccionadas para concretagem dos elementos e o terceiro mostra as peças pré-moldadas prontas para aplicação.

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

Como mencionado anteriormente só obtivemos resposta de duas concreteiras de João Pessoa/PB o que nos fornece uma amostra de apenas 40% da prevista inicialmente. Assim, foi possível obter as seguintes informações:

A produção média diária de uma das concreteiras é de 130m³ de concreto e da outra 80m³. Ambas afirmaram que raramente ocorre o retorno de concreto para a central, e quando retornam, retornam com volume de até 2m³.

Vale destacar que esse volume é característico de quando há o retorno do concreto para a central, há ainda os outros casos (como ilustrado na Figura 1) que o concreto é descartado na própria obra não chegando a retornar para a central.

Ambas afirmaram realizar manutenção preventiva das bombas de concreto o que diminui a probabilidade de perda de concreto ocasionado pela quebra da mesma, mas ainda há os outros casos que foram discutidos no item 1.1 que também podem acarretar a perda de concreto.

Quanto à destinação empregada para as sobras de concreto que retornam para a central uma afirmou que fabricam blocos pré-moldados, a outra afirma que realiza um descarte e coleta legalizado com um custo de R\$ 320,00 por caçamba descartada de 3 a 3,5m³.

A partir dessa informação podemos estimar o prejuízo acarretado por metro cúbico de concreto descartado - Tabela 2.

Tabela 2: Prejuízo por m³ de concreto descartado

FONTE	DESCRIÇÃO	UNID	VALOR
SINAPI FEV/2019	Concreto usinado bombeável, classe de resistência C20, com brita 0 e 1, slump = 220 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento	m ³	R\$ 420.75
Questionário	Caçamba para descarte do concreto, inclusive coleta	m ³	R\$ 91.43
SINAPI FEV/2019	Servente de Obras	4h	R\$ 35.12
VALOR TOTAL			R\$ 547.30

Fonte: Autora

Considera-se esse valor como mínimo, pois foi tomado como base o valor da menor resistência especificada em norma para o concreto para hélice contínua, havendo casos onde as solicitações da edificação requerem resistências maiores e como essa fundação necessita de um concreto mais fluido, para chegarmos num traço com o slump requerido emprega-se uma alta relação água/cimento e, conseqüentemente para atingir a resistência necessária, aumenta-se o consumo de cimento no traço, o qual é o item mais oneroso do concreto.

As respostas dos questionários encontram-se disponíveis no APÊNDICE B.

4.2 FABRICAÇÃO DAS FÔRMAS

A fabricação das fôrmas foi planejada para que, inicialmente, fossem utilizados materiais existentes na própria obra, de tal maneira que não fosse necessário realizar a compra de novos insumos. Foram levados em consideração, para fabricação das fôrmas, aspectos como a desforma da peça concretada, o peso da fôrma para facilitar o seu transporte e o próprio reaproveitamento da fôrma em si.

Dessa maneira, foi utilizado sobras de madeira como tábuas, sarrafos e chapas de madeirite plastificado remanescente das fôrmas da própria estrutura de concreto da obra.

Para fabricação dos pavers, das vergas e contra vergas foi planejado um tabuleiro com a base e as divisórias simulando uma colmeia, confeccionado em madeirite plastificado 17mm para facilitar a desforma e proporcionar um melhor acabamento, conforme podemos observar na Figura 20 e Figura 21.



Figura 20: Fôrma confeccionada para pavers

Fonte: Autora

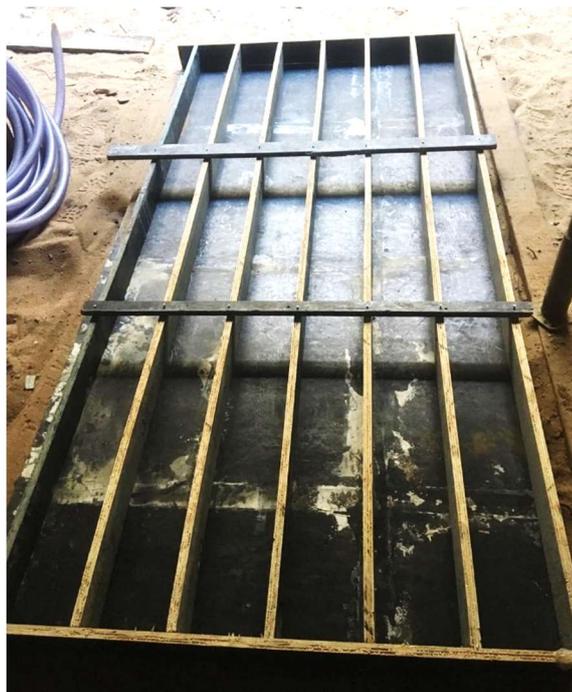


Figura 21: Fôrma confeccionada para vergas e contra vergas
Fonte: Autora

Para a fôrma do bloco de concreto foram reaproveitados painéis de madeira das vigas da própria estrutura de concreto, por ele ser uma peça volumétrica foi necessário o uso de travamentos para manter a integridade da fôrma e que não venham causar deformações na peça de concreto que prejudiquem a posterior montagem do conjunto. Então adotou-se as mesmas peças que são utilizadas nas fôrmas de pilares chamadas de gravatas para garantir esse travamento. Como podemos observar na Figura 22 e Figura 23 a seguir.



Figura 22: Fôrma bloco de concreto
Fonte: Autora



Figura 23: Fôrma bloco de concreto
Fonte: Autora

Para concretagem era necessário pôr a fôrma sobre uma folha de madeirite apoiados num local plano, pois a forma possuía apenas as faces laterais para reduzir o peso.

Também foi aplicado em todas as fôrmas um desmoldante da marca VIAPOL, o qual forma uma fina camada oleosa entre o concreto e a fôrma, impedindo a aderência entre ambos e possibilitando grande reaproveitamento das fôrmas e facilitando a desforma.

4.3 CONCRETAGEM DAS PEÇAS

Quando houve a ocorrência de sobra de concreto, as peças foram concretadas e podemos observá-las a seguir.



Figura 24: Paviers concretados
Fonte: Autora

Após execução, foram constatadas algumas dificuldades como: a perda da fôrma após desmoldagem das peças e alguns dos pavers não obtiveram um bom acabamento nas arestas, então, recomenda-se a utilização de outro material para confecção da fôrma podendo ser feita com chapas metálicas, por exemplo, o que ainda irá proporcionar um maior número de reaproveitamento da fôrma, a qual poderá ser utilizada até serem feitas peças suficientes para toda obra. Recomenda-se ainda que a fôrma seja feita em tiras e não em tabuleiros para facilitar a desmoldagem.

As vergas e contra vergas, como receberão o acabamento do reboco depois de assentadas na alvenaria, obtiveram um bom resultado quanto ao acabamento da peça conforme pode ser visto na Figura 25. Tais peças quando forem assentadas deverão ser cortadas, com equipamento apropriado, na dimensão adequada para o vão, seguindo a recomendação da norma NBR: 8545/1984, de exceder no mínimo 20cm de cada lado do vão. Vale lembrar que as vergas e contra vergas devem ser armadas para suportar os esforços de flexão e quando excederem o tamanho de 2,40m devem ser calculadas como viga (NBR: 8545/1984).



Figura 25: Vergas e contra vergas concretadas

Fonte: Autora

Após a desforma, só foi necessário remontar as divisórias da fôrma para manter as dimensões corretas da peça para ser reutilizada novamente na próxima concretagem.

A aplicação de vergas e contra-vergas pré-moldadas trazem vantagens para a obra como a utilização de um concreto de maior qualidade e resistência, comparado ao que seria fabricado na obra, além de elevar a produtividade da execução da alvenaria, pois não será necessário

montar a fôrma e concretar a peça na alvenaria em si e ainda aguardar o endurecimento do concreto para prosseguir a elevação da alvenaria.

Num tabuleiro das vergas (2,20x1,10m - dimensões de uma folha do madeirite) é possível encher 6 peças com 2,20m de comprimento o que consome um volume de aproximadamente 0,20m³, restando 0,30m³ para os pavers o que possibilita a concretagem em torno de 250 pavers de dimensões 0,20x0,10x0,06m (CxLxH), para tanto é necessário 5m² de forma, o qual é possível fazer com 2,5 tabuleiro (5,50x1,10m – dimensões de 2,5 folhas de madeirite).

Supondo que numa obra ocorra cinco concretagens, seguindo esses valores, será possível fabricar cerca de 1250 pavers. Essa quantidade de pavers pode pavimentar uma área de 25m². A depender da obra, pode-se manipular essas dimensões das fôrmas para atender as suas necessidades e tornar o reaproveitamento viável para a obra.

Quanto ao bloco, devido a sua robustez, a fôrma proposta atendeu as especificações planejadas para ele, conforme podemos ver na Figura 26 e Figura 27.



Figura 26: Bloco concretado

Fonte: Autora



Figura 27: Bloco após desforma
Fonte: Autora

Os painéis utilizados para confecção da fôrma mantiveram-se íntegros após a desforma, sendo necessário apenas a remontagem da fôrma. Salienta-se que por serem painéis de madeira conforme vão sendo utilizados eles vão perdendo suas condições ideais para uso, assim posteriormente deve-se substituir os painéis de madeira ou, de melhor modo, fabricar uma fôrma de chapas metálicas, a qual permite a utilização inúmeras vezes.

A fabricação desses blocos é viável para empresas de fundações as quais devem fabricar e armazenar até terem uma quantidade suficiente para serem aplicados em algum caso de solução geotécnica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi exposto nesse trabalho, a necessidade de uma destinação para o concreto, contido em caminhões betoneira de obras de fundação do tipo hélice contínua, nos casos de ocorrência de problemas com os equipamentos utilizados durante a execução das estacas que comprometam e o andamento das atividades de modo a evitar desperdícios de material, prejuízos financeiros e impactos ambientais.

Foi calculado neste trabalho que o descarte do concreto gera um custo mínimo de R\$ 547,30 por metro cúbico de concreto descartado, valor este que aumentará conforme a classe de resistência do concreto utilizado se eleva.

Dessa forma, obtivemos três resultados aplicáveis em dois casos distintos. A fabricação, para sobras de concreto até $0,5\text{m}^3$, de pavers para pavimentação de áreas de calçada e estacionamento e vergas e contra vergas para alvenaria e do bloco de concreto para montagem de muros de arrimo, montagem de galpões e entre outras aplicações para volumes remanescentes maiores que $0,50\text{m}^3$.

Nota-se que foi possível alcançar os objetivos propostos nesse trabalho, no entanto algumas melhorias devem ser aplicadas para facilitar a execução dos elementos pré-moldados. Como a substituição do material das fôrmas, que foi utilizado madeira, por materiais metálicos o que acarretarão benefícios como facilitação da desforma dos elementos, diminuição do peso da fôrma, facilitando seu transporte, e seu reaproveitamento inúmeras vezes.

É provável que na hora da aplicação desse plano de contingência exista uma resistência dos trabalhadores, pois para eles é mais fácil descartar o concreto do que transportá-lo, aplicá-lo nas fôrmas, desformar, e estocar de maneira correta. Sendo assim vê-se também a importância de conversar e explicar aos funcionários, principalmente os mestres de obra e encarregados, o motivo de executar esse plano.

Além dessas peças, diversos outros elementos pré-moldados podem ser estudados para serem feitos com esse concreto remanescente, como por exemplo: placas de concreto para montagem de muros de divisa do terreno e paredes diafragma de subsolos, degraus para escada etc.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7212: **Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-9062: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-9781: **Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-8545: **Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

CZM FOUNDATION EQUIPAMENT. **Catálogo da perfuratriz EM 800/24**. CZM, Belo Horizonte, [20--]. Disponível em: <<http://www.czm.com.br/site/assets/uploads/boxes/f63bd8a5196484d6301b541a83219604.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

El DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

FUNSOLOS. **Obras realizadas**. Disponível em: <<http://www.funsolos.com.br/obras/view/11>>. Acesso em 3 mar. 19.

GEOFIX. **Hélice contínua monitorada**. 1996. Disponível em: <<http://www.geofix.com.br/servico-ehc.php>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

HEISS, Fábio Luis. **Manifestações Patológicas Em Estacas Do Tipo Hélice Contínua**. p. 80. Tese (Pós-Graduação em Patologia nas Obras Civis) - Universidade Tuiuti do Paraná. 2008.

MILITITSKY, J. Consoli, N., Schnaid, F. – 2006 – **Patologia das Fundações**. Oficina dos Textos, 199 pp, São Paulo.

OLIVEIRA, Daniel Freitas Caputo. **Concreto pré-moldado: processos executivos e análise de mercado**. P. 50. Monografia (Especialização em construção civil) - Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.

PENNA, A. S. D. et al. **Estaca Hélice- Contínua: experiência atual**. São Paulo: ABMS/ABEF, 1999.

SILVA, Carlos Medeiros. **Energia e Confiabilidade Aplicadas aos Estaqueamentos Tipo Hélice Contínua**. p. 311. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. 2011.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. – São Paulo: Pini, 1998.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. – 10. Ed. Ver. E atual. São Paulo: Pini 2009.

APÊNDICE A

Pesquisa sobre reaproveitamento de concreto

Olá, este formulário faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da UFPB, onde estão sendo estudadas algumas alternativas para reaproveitamento de sobras de concreto. Desde já agradeço pela sua participação! ***Obrigatório**

1. Qual a sua produção média diária de concreto? (m³) *

2. Qual a frequência que ocorre retorno de concreto para a central? Marcar apenas uma por linha.

	Coluna 1
Nunca	<input type="radio"/>
Raramente	<input type="radio"/>
Com frequência razoável	<input type="radio"/>
Muito frequente	<input type="radio"/>

3. Qual o volume médio que os caminhões com sobra costumam retornar para a central? * Marcar apenas uma.

- até 2m³
- entre 2m³ e 5m³
- mais de 5m³

4. A empresa realiza manutenção preventiva das bombas de concreto? * Marcar apenas uma.

- Sim
- Não

5. Qual a destinação empregada para as sobras de concreto?*

Powered by



APÊNDICE B

Respostas do questionário

Pesquisa sobre reaproveitamento de concreto

Olá, este formulário faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da UFPB, onde estão sendo estudadas algumas alternativas para reaproveitamento de sobras de concreto. Desde já agradeço pela sua participação!

Qual a sua produção média diária de concreto? (m³) *

130

Qual a frequência que ocorre retorno de concreto para a central?

Coluna 1

Nunca

Raramente

Com frequência razoável

Muito frequente

Qual o volume médio que os caminhões com sobra costumam retornar para a central? *

até 2m³

entre 2m³ e 5m³

mais de 5m³

A empresa realiza manutenção preventiva das bombas de concreto? *

Sim

Não

Qual a destinação empregada para as sobras de concreto? *

Fazemos blocos pre moldados

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Pesquisa sobre reaproveitamento de concreto

Olá, este formulário faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da UFPA, onde estão sendo estudadas algumas alternativas para reaproveitamento de sobras de concreto. Desde já agradeço pela sua participação!

Qual a sua produção média diária de concreto? (m³) *

80

Qual a frequência que ocorre retorno de concreto para a central?

- | | Coluna 1 |
|-------------------------|----------------------------------|
| Nunca | <input type="radio"/> |
| Raramente | <input checked="" type="radio"/> |
| Com frequência razoável | <input type="radio"/> |
| Muito frequente | <input type="radio"/> |

Qual o volume médio que os caminhões com sobra costumam retornar para a central? *

- até 2m³
- entre 2m³ e 5m³
- mais de 5m³

A empresa realiza manutenção preventiva das bombas de concreto? *

- Sim
- Não

Qual a destinação empregada para as sobras de concreto? *

Coleta e descarte legalizado; R\$320,00 por caçamba de 3 a 3,5 m3.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários